

5

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-236125

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl.

G05D 7/06

F17D 3/00

(21)Application number : 2000-046300

(71)Applicant : STEC INC

(22)Date of filing : 23.02.2000

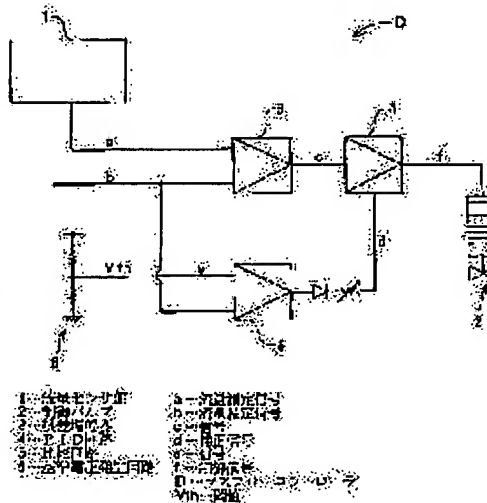
(72)Inventor : YAMAGUCHI MASAO

(54) MASS-FLOW CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a mass-flow controller with excellent responsiveness, compatibility and reproducibility, etc., in a low flow area.

SOLUTION: This mass-flow controller D is provided with a flow rate sensor part 1 provided on a flow path on which fluid flows, a control valve part 2 to be similarly provided on the flow path and provided on the downstream side or the upstream side of the flow rate sensor part 1, an error amplifier 3 in which a flow rate measuring signal (a) and a flow rate setting signal (b) from the flow rate sensor part 1 are inputted and a PID circuit 4 in which a signal (c) from the error amplifier 3 is inputted and controls a degree of opening of the control valve 2 based on a control signal (f) to be outputted from the PID circuit 4 and is constituted so that a correction signal (d) is outputted when a level of the flow rate setting signal (b) exceeds a threshold V_{th} and the control signal (f) from the PID circuit 4 is instantaneously raised to opening voltage V_0 of the control valve 2 in a comparator circuit 5 by providing the comparator circuit 5 in which the flow rate setting signal (b) is inputted and to output the correction signal (d) to the PID circuit 4 and a reference voltage generation circuit 6 to output a signal (e) to be the threshold V_{th} to the comparator circuit 5.



[Translation]

Japanese Patent Public Disclosure No. 2001-236125

[0027]

The "start to open" voltage V_0 varies among individual control valves 2. However, since setting of the voltage of the control signal (f) which rises upon application of the correction signal (d) to the PID circuit 4 is variable, the voltage can be adjusted depending on characteristics of a valve to be used. By such adjustment, the time which elapses from input of the flow rate setting signal (b) to start of opening of the control valve 2 is omitted uniformly and, thence, difference in responsibility in a low flow rate zone among different mass-flow controllers is obviated and also it is possible to improve compatibility among mass-flow controllers and reproductiveness of the process.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-236125

(P2001-236125A)

(43) 公開日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 5 D 7/06

G 0 5 D 7/06

Z 3 J 0 7 1

F 1 7 D 3/00

F 1 7 D 3/00

5 H 3 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2000-46300(P2000-46300)

(22) 出願日

平成12年2月23日 (2000.2.23)

(71) 出願人 000127961

株式会社エステック

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

(72) 発明者 山口 正男

京都府京都市南区上鳥羽鈴立町11番5 株

式会社エステック内

(74) 代理人 100074273

弁理士 藤本 英夫

Fターム(参考) 3J071 CC11 EE01 EE25 FF11

5H307 AA20 BB01 DD03 DD06 DD18

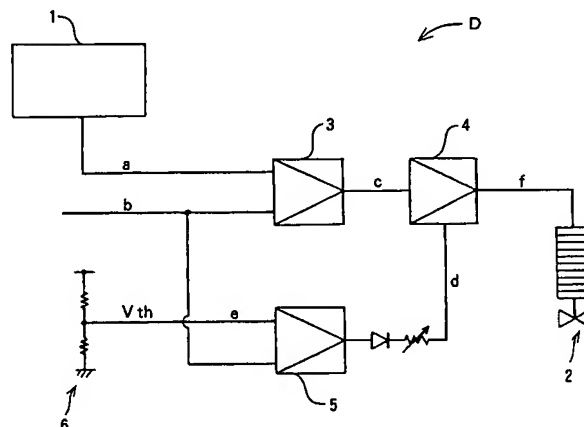
EE02 FF06 HH04 HH08 HH10

(54) 【発明の名称】 マスフローコントローラ

(57) 【要約】

【課題】 低流量域における応答性、互換性、再現性などに優れたマスフローコントローラを提供する。

【解決手段】 流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部1と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部1の下流側または上流側に設けられた制御バルブ2と、前記流量センサ部1からの流量測定信号aと流量設定信号bとが入力される誤差増幅器3と、この誤差増幅器3からの信号cが入力されるP I D回路4とを有し、前記P I D回路4から出力される制御信号fに基づいて前記制御バルブ2の開度を制御するマスフローコントローラDであって、前記流量設定信号bが入力され、かつ前記P I D回路4に補正信号dを出力する比較回路5と、この比較回路5に閾値 V_{th} となる信号eを出力する基準電圧発生回路6とを備え、前記比較回路5において、流量設定信号bのレベルが前記閾値 V_{th} を超えると補正信号dが出力され、P I D回路4からの制御信号fが、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 まで瞬時に立ち上がるように構成してある。



- 1…流量センサ部
2…制御バルブ
3…誤差増幅器
4…P I D回路
5…比較回路
6…基準電圧発生回路
a…流量測定信号
b…流量設定信号
c…信号
d…補正信号
e…信号
f…制御信号
D…マスフローコントローラ
 V_{th} …閾値

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部の下流側または上流側に設けられた制御バルブと、前記流量センサ部からの流量測定信号と流量設定信号とが入力される誤差増幅器と、この誤差増幅器からの信号が入力される P I D 回路とを有し、前記 P I D 回路から出力される制御信号に基づいて前記制御バルブの開度を制御するマスフローコントローラであって、前記流量設定信号が入力され、かつ前記 P I D 回路に補正信号を出力する比較回路と、この比較回路に閾値となる信号を出力する基準電圧発生回路とを備え、前記比較回路において、流量設定信号のレベルが前記閾値を超えると補正信号が出力され、P I D 回路からの制御信号が、制御バルブの開き出し電圧まで瞬時に立ち上がるように構成してあることを特徴とするマスフローコントローラ。

【請求項 2】 流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部の下流側または上流側に設けられた制御バルブと、前記流量センサ部からの流量測定信号と流量設定信号とが入力される誤差増幅器と、この誤差増幅器からの信号が入力される P I D 回路とを有し、前記 P I D 回路から出力される制御信号に基づいて前記制御バルブの開度を制御するマスフローコントローラであって、前記制御バルブを強制クローズするバルブクローズ信号が入力され、かつ前記 P I D 回路に補正信号を出力する比較回路と、この比較回路に閾値となる信号を出力する基*

$$V_c = P \cdot \varepsilon + I \int \varepsilon \cdot \delta t + D \cdot \delta \varepsilon / \delta t \quad (1)$$

$$(\varepsilon = \text{SET} - \text{OUT})$$

なお、SET は流量設定信号、OUT は流量測定信号である。従って、(SET - OUT) の絶対値が小さくなるほど、バルブ電圧 V_c の変化 (単位時間あたり) は小さくなる。

【0004】 また、前記マスフローコントローラの制御バルブにおいて、図 6 のバルブ電圧 V_c - 流量特性を示すグラフから明らかなように、流体が流れ出す (制御バルブが開き出す) のは、バルブ電圧 V_c が 0 からではなく、ある値 V_0 を超えてからとなる。

【0005】 以下に、閉状態にある制御バルブを一定の開度とするまでのマスフローコントローラの動作について説明する。図 7 (A) は、前記流量設定信号 b の一例を概略的に示すグラフであり、図 7 (B) および (C) は、前記流量設定信号 b に対応する流量測定信号 a および制御信号 f の構成を概略的に示すグラフである。なお、各グラフは、横軸に時間 t 、縦軸に電圧 V をプロットしたものである。まず、図 7 (A) に示すように、時刻 t_0 において、流量設定信号 b がある値、たとえば 100 V に設定されたとすると、この流量設定信号 b は、図 7 (B) に示す流量測定信号 a とともに誤差増幅器 3

* 準電圧発生回路とを備え、前記比較回路において、バルブクローズ信号のレベルが前記基準電圧発生回路によって設定された閾値を下回ると補正信号が出力され、P I D 回路からの制御信号が、制御バルブの開き出し電圧まで瞬時に立ち上がるように構成してあることを特徴とするマスフローコントローラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、流体の質量流量を計測し流体流量を制御するマスフローコントローラに関する。

【0002】

【従来の技術】 図 5 は、従来のマスフローコントローラの構成を概略的に示すブロック図である。従来のマスフローコントローラとして、流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部 1 と、同じく前記流路に対して設けられた制御バルブ 2 と、前記流量センサ部 1 からの流量測定信号 a と流量設定信号 b とが入力される誤差増幅器 3 と、この誤差増幅器 3 からの信号 c が入力される P I D 回路 4 とを有し、前記 P I D 回路 4 から出力される制御信号 f に基づいて前記制御バルブ 2 の開度を制御する構成を採用したものがある。

【0003】 上記のマスフローコントローラにおいて、P I D 回路 4 から前記制御バルブ 2 への制御信号 f の電圧、すなわちバルブ電圧 V_c は、一般的に下式 (1) によって与えられる。

に入力され、誤差増幅器 3 からの信号 c は前記 P I D 回路 4 に入力される。続いて、この P I D 回路 4 から、式 (1) に基づいた制御信号 f が制御バルブ 2 に出力される (図 5 参照)。

【0006】 ここで、バルブ電圧 V_c が V_0 となる時刻、すなわち前記制御バルブ 2 が開き出す時刻を t_1 、制御バルブ 2 の開度が前記流量設定信号 b に対応した状態となる時刻を t_2 とすると、時刻 t_0 から t_1 までの間は、流量がゼロであることから、図 7 (B) に示すように流量測定信号 b は一定となり、図 7 (C) に示すように制御信号 f は一定の傾きをもった直線として表される。この傾きは、(流量設定信号 SET - 流量測定信号 OUT) の大きさに比例し、流量設定信号 SET が小さくなるほど、傾きも小さくなり、時刻 t_0 から制御バルブ 2 が開き出す時刻 t_1 までの遅れ時間 t_0 が長くなることになる。従って、上記の構成からなるマスフローコントローラでは、特に低流量域での応答性が良くなかった。なお、制御バルブ 2 の開度が流量設定信号 b に対応した状態となるのは、時刻 $t_1 + \Delta t$ である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述のような問題を解決するために、PID回路からの出力が速くなるようなPID定数の調整が行われていたが、この場合、制御が不安定になったり、オーバーシュートを起こすなどの問題が生じることとなった。

【0008】 また、制御バルブが開き出す電圧 V_0 には個体差があり、上記の構成からなるマスフローコントローラの低流量域の応答性は前記電圧 V_0 に依存することから、マスフローコントローラの低流量域における応答性に器差が生じ、ひいてはマスフローコントローラ同士の10 互換性や再現性などが悪くなることとなっていた。

【0009】 この発明は上述の事柄に留意してなされたもので、その目的は、低流量域における応答性、互換性、再現性などに優れたマスフローコントローラを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、この発明のマスフローコントローラは、流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部の下流側または上流側に設けられた制御バルブと、前記流量センサ部からの流量測定信号と流量設定信号とが入力される誤差増幅器と、この誤差増幅器からの信号が入力されるPID回路とを有し、前記PID回路から出力される制御信号に基づいて前記制御バルブの開度を制御するマスフローコントローラであって、前記流量設定信号が入力され、かつ前記PID回路に補正信号を出力する比較回路と、この比較回路に閾値となる信号を出力する基準電圧発生回路とを備え、前記比較回路において、流量設定信号のレベルが前記閾値を超えると補正信号が出力され、PID回路からの制御信号が、制御バルブの開き出し電圧まで瞬時に立ち上がるように構成してある（請求項1）。

【0011】 また、流体が流れる流路に対して設けられた流量センサ部と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部の下流側または上流側に設けられた制御バルブと、前記流量センサ部からの流量測定信号と流量設定信号とが入力される誤差増幅器と、この誤差増幅器からの信号が入力されるPID回路とを有し、前記PID回路から出力される制御信号に基づいて前記制御バルブの開度を制御するマスフローコントローラであって、前記制御バルブを強制クローズするバルブクローズ信号が入力され、かつ前記PID回路に補正信号を出力する比較回路と、この比較回路に閾値となる信号を出力する基準電圧発生回路とを備え、前記比較回路において、バルブクローズ信号のレベルが前記基準電圧発生回路によって設定された閾値を下回ると補正信号が出力され、PID回路からの制御信号が、制御バルブの開き出し電圧まで瞬時に立ち上がるように構成してあるとしてもよい（請求項2）。

【0012】 上記の構成により、低流量域における応答性、互換性、再現性などに優れたマスフローコントローラを提供することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の実施例を、図を参照しながら説明する。図1は、本発明の第一実施例に係るマスフローコントローラDの構成を概略的に示すブロック図である。マスフローコントローラDは、流体が流れる流路（図示せず）に対して設けられた流量センサ部1と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部1の下流側または上流側に設けられた制御バルブ2と、前記流量センサ部1からの流量測定信号aと流量設定信号bとが入力される誤差増幅器3と、この誤差増幅器3からの信号cが入力されるPID回路4と、前記流量設定信号bが入力され、かつ前記PID回路4に補正信号dを出力する比較回路5と、この比較回路5に閾値 V_{th} となる信号eを出力する基準電圧発生回路6とからなる。

【0014】 前記流量センサ部1は、前記流路に設けられた一対の感熱センサからなり、この感熱センサによって検出された流体の瞬時流量は、センサ回路において電氣的な流量測定信号aに変換される。

【0015】 前記制御バルブ2は、PID回路から出力される制御信号fに基づいて制御されることにより弁開度を変え、これによって、流路中を流れる流体の流量を制御するように構成されており、たとえば特許第2814378号公報に開示されているものが用いられる。また、本実施例の制御バルブ2は、従来のマスフローコントローラにおける制御バルブ2と同様に、バルブ電圧 V_c が0から開き出すのではなく、ある値 V_0 を超えてから開き出すものである。

【0016】 前記誤差増幅器3は、流量測定信号aと流量設定信号bとの差を信号cに変換して出力するためのものである。

【0017】 前記PID回路4は、入力された信号cや補正信号dを上記（1）式に基づいて演算処理し、制御信号fとして出力するためのものである。

【0018】 前記比較回路5は、入力された流量設定信号bのレベルが閾値 V_{th} を超えると、前記PID回路4に補正信号dを出力する。そして、PID回路4からの制御信号fは、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 まで瞬時に立ち上がることとなる。なお、このときの制御信号fの立ち上がり電圧は、任意に設定することが可能である。

【0019】 すなわち、図2（A）に示すような流量設定信号bが、時刻 t_0 において比較回路5に入力されると、流量設定信号bが閾値 V_{th} を超えた瞬間の時刻 t_0' に、図2（B）に示すような補正信号dが出力されることになる。なお、時刻 t_0 から時刻 t_0' までの時間的な50 間隔は極めて小さいものである。

【0020】前記基準電圧発生回路6は、たとえばダイオードなどより構成されており、閾値 V_{th} を任意に設定できるものである。なお、前記閾値は、たとえば制御バルブ2がフルオープン時のバルブ電圧 V_c の1.5%に設定される。

【0021】上記の構成からなるマスフローコントローラDは、入力された流量設定信号bが0Vから立ち上がる際に別途定めた閾値 V_{th} を超えることをトリガとして、スタート信号としての補正信号dをマスフローコントローラD自身で発生し、さらに、このスタート信号がP I D回路4に入力されることをトリガとして、制御信号fの電圧が制御バルブ2の開き出し電圧の間近まで瞬時に立ち上げられ、その後は通常のP I D制御が行われるものであり、このような構成から、流量設定信号bが入力されてから制御バルブ2が開き出すまでの時間を省くことが可能である。

【0022】以下に、上記の構成からなるマスフローコントローラDの動作について説明する。図3(A)は前記流量設定信号bの一例を概略的に示すグラフであり、図3(B)および(C)は、それぞれ流量設定信号bに対応する流量測定信号aおよび制御信号fの構成を概略的に示すグラフである。なお、各グラフは、横軸に時間t、縦軸に電圧Vがとられている。また、図3(A)のグラフは、図2(A)のグラフと同様に流量設定信号bを示しているが、図2(A)のグラフは、流量設定信号bの立ち上がり部分を説明するために時間軸だけを拡大したものである。ある時刻 t_0 に、電圧が0Vからたとえば100Vにまで立ち上げられることによってマスフローコントローラDに入力された流量設定信号bは、誤差増幅器3と比較回路5とに入力されることになる(図1参照)。

【0023】前記誤差増幅器3には流量測定信号aが常に入力されており、この流量測定信号aとともに誤差増幅器3に入力された流量設定信号bは、信号cに変換されてP I D回路4に入力され、さらに制御信号fとなって制御バルブ2に入力されることになる。

【0024】一方、上述したように、流量設定信号bが入力された比較回路5において、流量設定信号bが別途定めてあった閾値 V_{th} を超えると、その瞬間の時刻 t_0' に、補正信号dがP I D回路4に出力される。そして、P I D回路4からの制御信号fは、図3(C)に示すように、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 まで瞬時に立ち上がることとなる。

【0025】上記のように制御信号fが電圧 V_0 まで立ち上がった後は、通常のP I D制御によって、制御バルブ2の開度が調整される。なお、前記制御信号fの電圧が V_0 まで立ち上がった後から、制御バルブ2の開度の調整が終了するまでの時間 Δt は、従来のマスフローコントローラと同時間である。

【0026】上記の構成からなるマスフローコントローラ

ラDは、流量設定信号bが入力されてから制御バルブ2が開き出すまでの遅れ時間をなくすることができるため、迅速に制御バルブ2の制御を開始することが可能となり、低流量域の応答性に優れたものとなる。

【0027】また、前記制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 には個体差があるが、補正信号dがP I D回路4に入力されることによって立ち上がったときの制御信号fの電圧の設定は可変であることから、使用するバルブの特性に応じて前記電圧の調整を行えばよく、このような調整によって、流量設定信号bが入力されてから制御バルブ2が開き出すまでの時間を一様に省くことができるため、各種マスフローコントローラの低流量域の応答性における器差を解消することができ、ひいてはマスフローコントローラ同士の互換性やプロセスの再現性を向上させることが可能となる。

【0028】なお、前記補正信号dがP I D回路4に入力されることによって立ち上がった制御信号fの電圧が、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 より大きくなった場合でも、前記P I D回路4の働きにより、制御バルブ2の開度は最適値に修正される。

【0029】また、上記の構成からなるマスフローコントローラDをたとえば半導体製造プロセスに用いれば、半導体製造プロセスの信頼性を向上させることが可能となる。

【0030】図4は、本発明の第二実施例に係るマスフローコントローラD₂の構成を概略的に示すブロック図である。なお、上記第一実施例に示したものと同一構造の部材については、同じ符号を付し、その説明を省略する。マスフローコントローラD₂は、流体が流れる流路(図示せず)に対して設けられた流量センサ部1と、同じく前記流路に対して設けられ、前記流量センサ部1の下流側または上流側に設けられた制御バルブ2と、前記流量センサ部1からの流量測定信号aと流量設定信号bとが入力される誤差増幅器3と、この誤差増幅器3からの信号cが入力されるP I D回路4と、バルブクローズ信号gが入力され、かつ前記P I D回路4に補正信号dを出力する比較回路5'と、この比較回路5に閾値 V_{th} となる信号eを出力する基準電圧発生回路6とからなる。

【0031】前記比較回路5'は、入力されたバルブクローズ信号gのレベルが閾値 V_{th} を下回ると、前記P I D回路4に補正信号dを出力する。そして、P I D回路4からの制御信号fは、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 まで瞬時に立ち上がることとなる。なお、このときの制御信号fの立ち上がり電圧は、任意に設定することが可能である。

【0032】前記バルブクローズ信号gは、制御バルブ2を強制クローズするためのものである。

【0033】以下に、上記の構成からなるマスフローコントローラD₂の動作について説明する。今、流量設定

7

信号bが100Vに設定され、制御バルブ2が、この流量設定信号bに対応した開度を保つように調整された状態から、バルブクローズ信号gが入力され、前記制御バルブ2が強制クローズされた状態に移ったとする。

【0034】そして、その後、ある時刻に、バルブクローズ信号gの入力が中断され、バルブクローズ信号gが入力されていた比較回路5'において、バルブクローズ信号gのレベルが基準電圧発生回路6によって設定されていた閾値 V_{th} を下回ると、その瞬間の時刻に、補正信号dがPID回路4に出力される。そして、PID回路4からの制御信号fは、制御バルブ2の開き出し電圧 V_0 まで瞬時に立ち上がることとなる。

【0035】上記のように制御信号fが電圧 V_0 まで立ち上がった後は、通常のPID制御によって、制御バルブ2の開度が調整される。

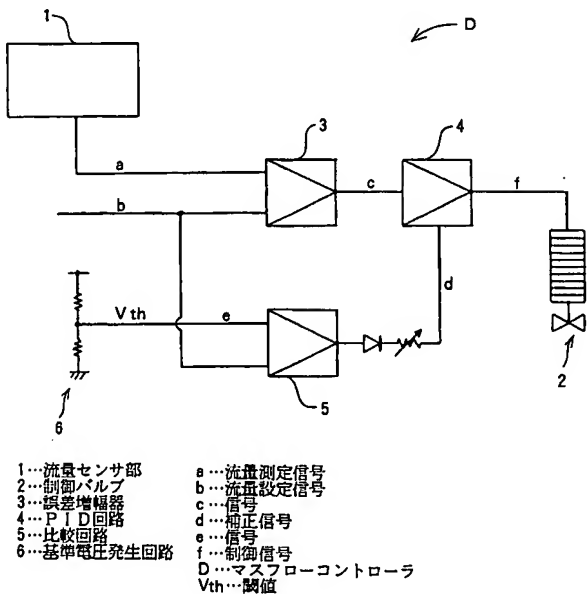
【0036】上記の構成からなるマスフローコントローラD₂と第一実施例のマスフローコントローラDとの違いは、マスフローコントローラDが流量設定信号bの入力時に効果を発揮するのにに対し、マスフローコントローラD₂はバルブクローズ信号gの中断時に効果を発揮する点である。なお、奏する効果は同様であるので、その説明を省略する。

【0037】

【発明の効果】上記の構成からなる本発明によれば、低流量域における応答性、互換性、再現性などに優れたマスフローコントローラを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】



8

【図1】本発明の第一実施例に係るマスフローコントローラの構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】(A)および(B)は、上記実施例における流量設定信号の一例およびこの流量設定信号に対応する補正信号の構成を概略的に示すグラフである。

【図3】(A)は前記流量設定信号の構成を概略的に示すグラフであり、(B)および(C)は、前記流量設定信号に対応する流量測定信号および制御信号の構成を概略的に示すグラフである。

【図4】本発明の第二実施例に係るマスフローコントローラの構成を概略的に示すブロック図である。

【図5】従来のマスフローコントローラの構成を概略的に示すブロック図である。

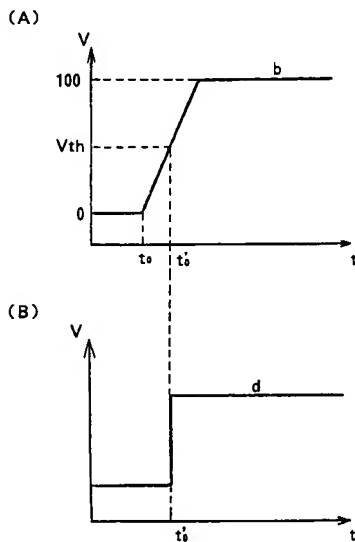
【図6】従来のマスフローコントローラにおける制御バルブのバルブ電圧-流量特性を示すグラフである。

【図7】(A)は従来のマスフローコントローラにおける流量設定信号の構成を概略的に示すグラフであり、(B)および(C)は、前記流量設定信号に対応する流量測定信号および制御信号の構成を概略的に示すグラフである。

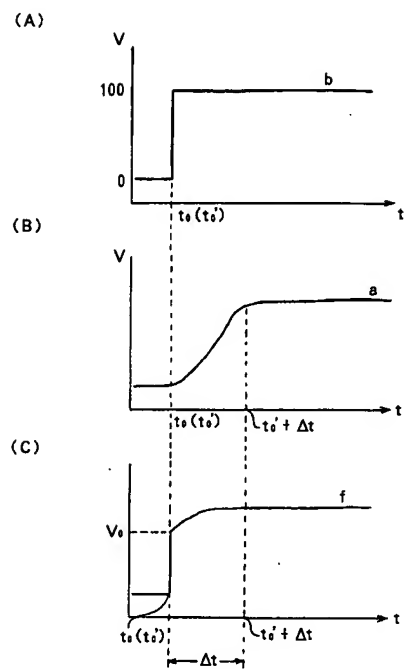
【符号の説明】

1…流量センサ部、2…制御バルブ、3…誤差増幅器、4…PID回路、5…比較回路、6…基準電圧発生回路、a…流量測定信号、b…流量設定信号、c…信号、d…補正信号、e…信号、f…制御信号、D…マスフローコントローラ、 V_0 …開き出し電圧、 V_{th} …閾値。

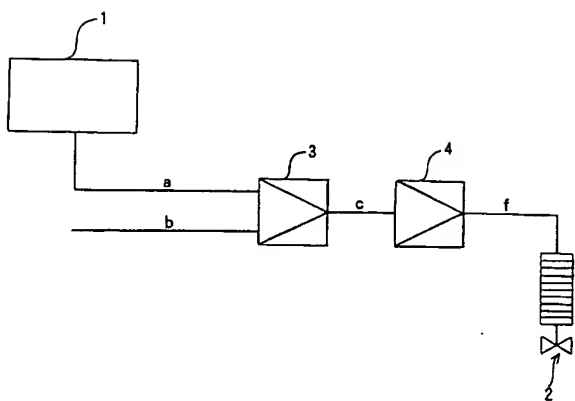
【図2】



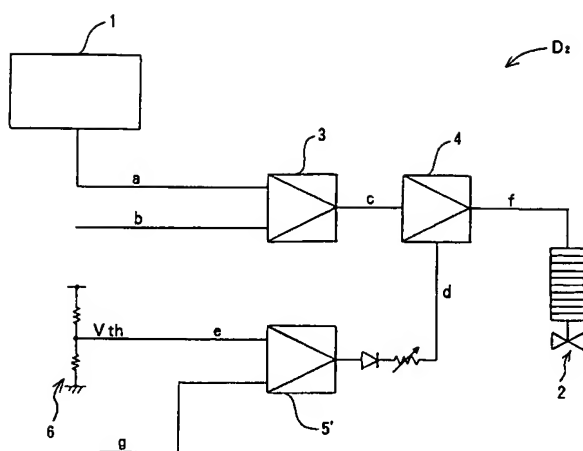
【図3】



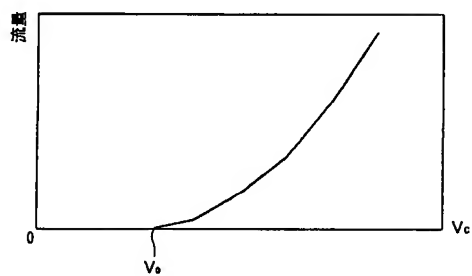
【図5】



【図4】



【図6】



【図7】

